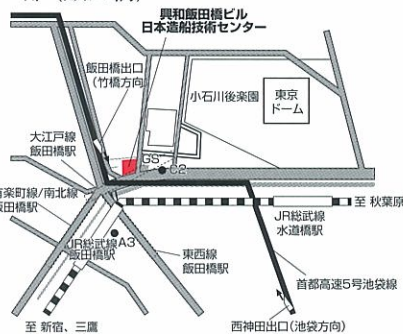


●目 次●

トリマランについて	page 2
氷海船舶について (その6 フィンランド/ スウェーデン耐氷船舶規則)	page 4
中部国際空港海上アクセス —高速双胴旅客船「フェニックス」・ 「カトレア」—	page 6
船型設計システムについて —線図創生—	page 8
雑感 血液型と民族との 関連について	page 10
雑感 マクロの世界と ミクロの世界	page 11
新造船と復原性	page 12

本 部 (飯田橋)



試験センター (三鷹)



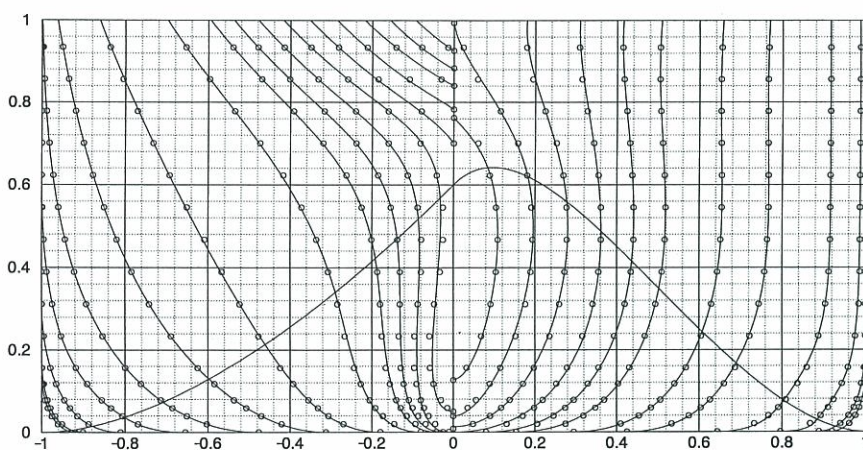
財団法人 日本造船技術センター

〒112-0004 東京都文京区後楽2丁目1番2号
興和飯田橋ビル7階
TEL 03-3868-7122 FAX 03-3868-7135

試験センター

〒181-0004 東京都三鷹市新川6丁目38番1号
(独) 海上技術安全研究所2号館内
TEL 0422-24-3861 FAX 0422-24-3869

概略線図の創生について (船型設計システム化に向けて)



船の形状を表す線図の作成は船舶設計の出発点です。造船所では、新しい船の要目や肥大度に似た船(母船型)の線図を既存のデータから選び、主要目、排水量、浮心等の条件を満足するよう修正して、新しい船の線図を作成しますが、適当な母船型が無い、あるいは意欲的な性能を目指す場合は担当者が設計意図を自ら線図として具現化(デッサン)し、これを基に精度の良い設計用線図作成が進められています。新しいコンセプトや経済性向上ニーズへの対応には母船型線図修正では済まず、線図創生であるデッサンの重要性は増していますが、設計意図を的確に短時間内に線図に具現化するには相応の技術、技能レベルが必要で、設計担当者の経験や技能に依存するところ

が大きく、線図創生をパソコンにより迅速に実行しうる手法が期待されています。

造船技術センターは、独自の船型設計システム構築の一環としてこの課題に取り組み、CP曲線、CW曲線及び粘性流場の限界流線を模した曲線(Search Line)により任意断面における肋骨線形状を滑らかに描く数学的手法を開発しました。基本となる曲線や肋骨線形状作画条件は船体形状や性能特性と関連付けされたパラメータで表示されており、これらパラメータを調整することにより幾何学的整合性の取れた形状をパソコン画面上に迅速に描くことができます。デッサン段階でも精度の高い検討が可能で、CFD等の性能計算に対応しうる精度と曲面フェアネスは確保されています。

トリマランについて

世界的高速船の開発動向

世の中に存在する船を載貨重量をベースに航海速力をプロットすると図-1のようになる。図に示すように、無数の殆どの船は在来船型と記したゾーンの中に含まれ、所謂高速船は1990年代初頭までは載貨重量が100t未満のものしか存在しなかったと言ってよい。1990年代に入ってから旅客と車両を同時に運ぶ大型の旅客フェリーが欧州に出現し、瞬く間に100隻近い実用船が図-1の高速フェリーと記したゾーンを埋めるに至っている。その速力は40ノットを超えるものもあるが依然として載貨重量は最大のもので1,500t止まりであり、未だに物流船としての役目を担うまでには至っていない。

時代は急速にその変化の度合いを増し、欧州ではEU統合によって域内物流の急速な増大に対応する海上輸送が重要度を増し、米国での同時多発テロに象徴される軍事面での戦略変化に対応する船舶へのニーズが高まりこの十数年で空白ゾーンであった高速フェリーのゾーンが出現し、今やさらに大きな載貨重量を有する新開発ゾーンに移りつつある。

今なぜトリマランか

過去には所謂排水量型ではなく、軽量で推進抵抗を減らす目的で滑走型や水中翼を有するもの、エアクションを用いたものなど水面上に浮上する形式のものまで様々な高速船と呼ばれる船型が開発されてきた。しかし、上記の理由と目的により高速で載貨重量を大幅に増大させ

るため既存技術の延長で対応可能なものとして欧米でのFSを中心に現時点で最もフィージブルなものとして得られた結果はトリマランであった。

在来船型では載貨重量を増すことは比較的容易であるが、フルード数0.3付近を目安として造波抵抗のハンブを越えて速力を増すのは至難であるため、長さ／幅比を大きくして相対的にフルード数を抑えることで速力を増すことができる。当然細長い船体になるので復原性が不足してくることになり、これを補うためにサイドハルを両舷に配置してトリマラン型にするのである。

トリマランの概念は古くから知られており、南洋海面でそれなりに小型の船で実用的に建造されてきたが、ここでいうトリマランは、もっと大型で高速で以上のように基本的にはモノハルがベースのものと言える。概念的なものを示せば図-2¹⁾のようなものである。これは実用型の物流船を目指したものであるから、可能であれば船体は鋼製で、機関は中速ディーゼル、推進器も通常プロペラが望ましい。こういう考えの下に英国海軍は次世代フリゲートを目指した大型の実験艦を建造してあらゆる方面でのデータを取得し、米国では欧州、豪州のメーカーを加えた検討チームによるFSに加え、実用艦の建造をスタートしている。商用では2004年末に127mの大型フェリーが就航している。その他、トリマランの改良型としてのペンタマランが提案され建造されようとしている。正に既存のインフラを活用した30～50ノットクラスで載貨重量10,000tレベルの物

流船を中心にトリマラン船型の実用化が進行しつつある状況である。

このように世界はトリマランの実用化に向けて大きく前進している。次に、より具体的な実例、そして開発における問題点などについて紹介しよう。

欧米におけるトリマラン

英国における実験艦は先に紹介したが、本格的な開発、建造が進められているものとしては米国海軍におけるLCS計画におけるトリマランであろう。イメージは図-3に示すようなもので長さ127m、幅30m、喫水4.5mで最大速力は50ノット以上、沿岸警備を主目的にした次世代高速艦艇の先駆けである。この米国の開発に参画している豪州の造船所がほぼ同一レベルの大きさで40ノットのフェリー（図-4）を2004年末にカナリー諸島に就航させているのは圧巻である。

その他注目されるのはトリマランの改良型と称したペンタマランなる様々な商船（図-5はコンテナ船の例）が英国の会社から提案され、建造は間近と伝えられている。

トリマランの特徴と開発に関する問題点

先に述べたように欧米を中心として既の実験段階を過ぎて実用船が投入されようとする中、2004年には英国でトリマランの国際会議も開催され、大型で高速のトリマランの性能はかなりの部分で明確になってきつつある。しかし、要求仕様によってデザインは多用に渡り、単純にシリーズテストで把握できるものでもない。日本ではこの分野では大きく立ち

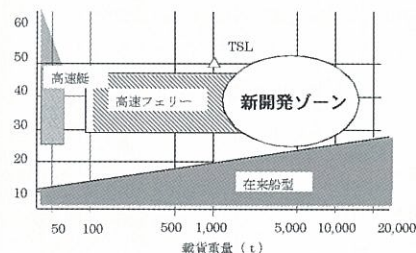


図-1

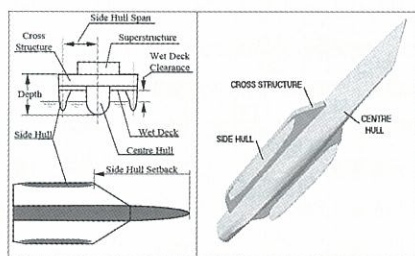


図-2¹⁾



図-3

遅れていると言えよう。

ここで言うトリマランの特徴は、通常船型の延長より10~30%の省エネが可能であり、既存の技術の応用によって高速で大きな載貨重量を有することである。さらに鋼製船体で、中速ディーゼル、通常プロペラも適用範囲にある。復原性の不足はサイドハルで補い、細長い船体は曳き波を小さくし、モノハルやカタマランに比較して波浪中であらゆる方向の波に対して良好な耐航性を有するのも特徴である。また広い甲板面積が取れるため、RoRo船では二層甲板にすることなく荷役効率もアップできるなどの利点もある。

問題点と課題については、次のようなものがあげられよう。

1) 細長船体とサイドハルの組み合わせによる最適船型、配置：

まず、推進性能上L/Bをどこまで大きくできるか、サイドハルが加担する排水量の割合をどの程度にするか、また配置上の前後位置、幅位置をどこにするかによって性能、構造、重量などが大きく変化する。

2) 細長船体とサイドハルの組み合わせによる構造検討：

前項の選定と配置によって細長船型の波浪による動的弾性変形が問題となるが、個々のケースによって衝撃荷重によるウィッピング、スラミング・クロスデッキへの荷重の推定と構造の解析により軽量化を図らねば最適船型は得られない。

3) パラメトリックローリングを含む波浪中連成運動対策：

モノハルやカタマランに比べて波浪中での運動性能は優れていると言えそうであるが、主として向い波中でのパラメトリックローリングなどの練成運動に対しては、フィンの装着など予め対策を講じておく必要がある。

4) 損傷時復原性の評価：

特にサイドハルが加担する排水量の割合にもよるが、損傷を受けた場合サイドハルをバラストタンクにすることを含めて十分に検討しておくことが必要となる。

5) 要求仕様による設計の多様化に対する要目決定方法：

要求仕様によって設計のバリエーションは限りなく存在するが、前項までの性能把握に基づき、主要目を決定できるプロセデュアをものにしておくことが必要である。

6) 要求仕様による船体材質、最適推進システムの検討：

ベースは排水量型のモノハル船型であるので、船体は鋼製も可能であり、中速ディーゼル主機も採用できる。要求性能を達成するために軽合金材、高速ディーゼル、ガスタービン、ポッドプロペラ、ウォータージェット推進などバリエーティに富んだ選択での最適化を図る事が肝要である。

7) 建造設備、港湾設備など既存インフラに対する適合性：

主船体のモノハルはさておき、サイドハルとの接合法、就航後の岸壁との関連性、補修ドック設備などに関

する検討が必要である。

以上を念頭に入れてトリマランのRoRo船の試設計を試みた。未だ検討段階ではあるが、大陸と日本との間を結ぶデیلیーサービスを念頭に置いた物流船として実用の可能性が大であると考えられる(図-6)。

試設計としては現在国内で就航中の大型フェリーと同規模のものとし、12mトレーラー150台積み のRoRo船とした。試算では約11万psのディーゼル主機を搭載して速力40ノットで航行できそうである。この数値は採算を含め十分実現可能な領域にあると判断している。大量の車両を単一デッキ上で縦横に走行可能とし、より効率的な荷役が期待できる。船尾接岸を考えればインフラ上からも実用船としても可能性は大きい。これをベースに今後さらに突っ込んだ検討を進める予定である。

参考文献

- 1) "DESIGN & OPERATION OF TRIMARAN SHIPS", RINA, April 2004
- 2) 鷲尾祐秀、「次世代高速船の衝撃—当世海外事情と日本の課題—」、日本造船学会誌 第879号、2004年5月
- 3) 鷲尾祐秀、「トリマラン国際会議に出席して」、舟艇技報 No.82, Nov.2004、(財)舟艇協会
- 4) 鷲尾祐秀、「世界の高速船開発(その1)(その2)」、船と海のサイエンス、vol.11、vol.12(2005年冬季号、春季号)、(独)海上技術安全研究所



図-4

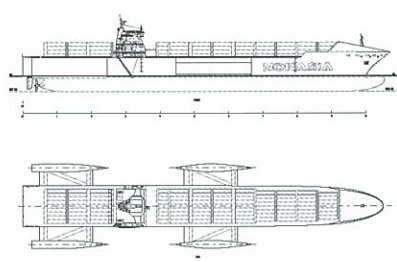


図-5

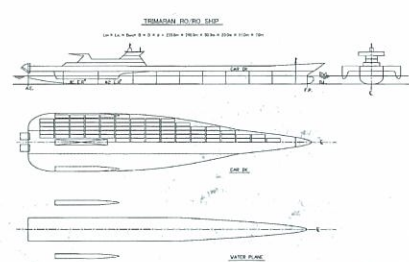


図-6



氷海船舶について（その6 フィンランド／

氷海域では、砕氷船が耐氷型船舶に対して支援航行します。その方法は、1) 誘導、2) 密着曳航、3) 氷塊排除です。

1) 誘導は、砕氷船が氷海域を先行して、氷を割ったり、割れた氷片などを脇に押しのけ、航路を確保し、耐氷型船舶が砕氷船の跡に従って航行する方法です。ときには、厚い氷などに遭遇して砕氷船の速度が落ちたり、停止したりします。後続する船舶は砕氷船との間隔と速度に鋭意注意を払い、砕氷船の急な停止に対して、追突しないように速度を落として停止するか、ときには航路から外れた氷海に突っ込んで止まることもあります。

2) 密着曳航は、砕氷船の船尾に船の船首を括り付けて航行する方法で、氷況が厳しい、あるいは商船の航行能力が低いなどの理由で誘導では航行が困難と判断された場合に採用されます。誘導による航行が可能でも速力が十分でない場合には密着曳航に切り替えることもあります。船尾に船首を括り付けているので、誘導のように追突などの衝突の心配はありませんし、曳航索の張力の変動が少なく、安全性が高いと考えられます。密着曳航

を行うには、相手船の船首を砕氷船の船尾で括り付けることが出来るように砕氷船の船尾の構造強度を高めるなどが必要です。また、曳航される耐氷型船舶も密着曳航を考慮しておく必要があります。なお、日本の既存の砕氷巡視船には密着曳航を想定していないので、誘導の方法しかできません。今後建造される砕氷巡視船には密着曳航ができる構造強度と装置の装備を検討されることを望みます。

3) 氷塊排除は、商船がビセットすなわち氷海で自力航行できないときに、砕氷船は商船の周囲の氷塊を排除することです。氷塊排除に続いて誘導ないしは密着曳航の支援航行となります。砕氷船の活動状況の一つを示しましょう。砕氷船はビセットされた船の舷側を10mから20m離れて航行し、ビセットされた船の中央に砕氷船の船尾がほぼ達したときに、ポッド型回転式推進器を90度回転させて、プロペラ後流をビセットされた船へ流して氷塊を排除します。氷塊を徐々に排除しながらビセットされた船の前方に進み、必要であれば船首付近の氷塊も排除します。片舷だけの氷塊排除で自力航行できればよいですが、氷況が厳しければもう片方の舷側の氷塊も排除することも

あります。なお、氷海での砕氷船は状況に応じて左右前後の移動が重要で、ポッド型回転式推進器は砕氷船にとって有用と思われます。

北欧のバルト海の奥のフィンランドとスウェーデンとの間にあるボスニア湾（図-1）ではフィンランドとスウェーデンによって9隻の砕氷船が配備され、それぞれの砕氷船は決められた領域を担当します。図-2は密着曳航中の写真で、図-3はその後の誘導の状態の写真です。

氷海域を航行する耐氷型船舶は、氷を割るあるいは押しのけることが必要で、氷海域でない通常の海域を航行する船舶よりも大きな馬力と強固な船体構造強度が要求されます。バルト海のボスニア湾では、喫水、エンジン出力、船体構造、舵と推進器、プロペラシャフトとギアなどを規定するFinnish-Swedish Ice Class Rulesが適用されています。ここでは馬力について説明しましょう。

耐氷の階級には1A_{super}、1A、1Bと1Cとあり、1A_{super}は構造強度が1Aのものを越え、厳しい氷況下で航海できる能力を持つものです。エンジン出力は少なくとも1A_{super}は2800kW以上で、1A、1B、1Cは1000kW以上が必要です。

まず、氷海航行するときの船首、船尾および船体中央の喫水は最大と最小の両



図-1



図-2

表-1

耐氷階級	h_0 平坦氷厚さ(m)
1A _{super}	1.0
1A	0.8
1B	0.6
1C	0.4

表-3

耐氷階級	H_M
1A, 1A _{super}	1.0
1B	0.8
1C	0.6



図-3

表-2

プロペラタイプまたは推進器	CPPまたは電気推進ないしは油圧式推進	FPP
1プロペラ	2.03	2.26
2プロペラ	1.44	1.60
3プロペラ	1.18	1.31

表-4

f_1	23	N/m ²
f_2	45.8	N/m
f_3	14.7	N/m
f_4	29	N/m ²
g_1	1530	N
g_2	170	N/m
g_3	400	N/m ^{1.5}

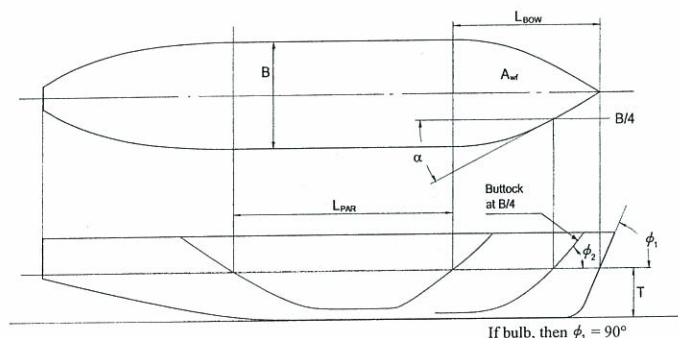


図-4

スウェーデン耐氷船舶規則)

方が規定されます。最大喫水は夏季淡水満載喫水線で、木材満載喫水線を有するものは夏季木材淡水満載喫水線です。最大喫水をLWLとし、最小喫水をBWLとします。

氷海を航行するときは最大喫水LWLを越えてはいけません。海水の塩分濃度に注意が必要です。また、通常の海域で喫水を浅くして航海していても、氷海域では少なくとも規定されている最小喫水BWLまで喫水を深くする必要があります。プロペラは可能であれば氷の下になるよう十分に没水させ、船首の喫水は少なくとも $(2+0.00025 \cdot \Delta) \cdot h_0$ (m)であることが要求されています。なお、 $4h_0$ を越えてはいけません。ここに、 Δ は上記の耐氷階級の最大喫水での排水量(t)で、 h_0 は表-1の平坦氷厚さ(m)です。

2003年9月1日以降に建造する船、あるいはキールを据え付けるか建造中の船については、エンジン出力(P)はLWLとBWLの2つの喫水に対して計算して、得られた中の出力の大きい方の値以上であることが要求されています。

$P = K_e (R_{CH}/1000)^{3/2} / D_p$ (kW)
ここで、 K_e の値は表-2に示します。これらの K_e の値は在来推進システムに適用されます。

$$R_{CH} = C_1 + C_2 + C_3 C_{\mu} (H_F + H_M)^2 (B + C_{\psi} H_F) + C_4 L_{PAR} H_F^2 + C_5 (LT/B^2)^3 A_{wf} / L$$

表-5

耐氷階級	H_M
1Asuper	1.0 mと0.1 mの再凍結層
1A	1.0 m
1B	0.8 m
1C	0.6 m

表-6

パラメータ	最小	最大
α (°)	15	55
ϕ_1 (°)	25	90
ϕ_2 (°)	10	90
L (m)	65.0	250.0
B (m)	11.0	40.0
T (m)	4.0	15.0
L_{BOW}/L	0.15	0.40
L_{PAR}/L	0.25	0.75
D_p/T	0.45	0.75
$A_{wf}/(L \cdot B)$	0.09	0.27

ここに

$$C_{\mu} = 0.15 \cos \phi_2 + \sin \psi \sin \alpha \quad \text{で、} \\ 0.45 \text{以上}$$

$$C_{\psi} = 0.047 \psi - 2.115 \quad \text{で、} \\ \psi \leq 45^\circ \quad \text{のときは } C_{\psi} = 0$$

$$H_F = 0.26 + (H_M B)^{0.5}$$

H_M の値を表-3に示します。

C_1 と C_2 は砕かれた氷の上の再凍結した上の層に対して考慮されるもので、従って、耐氷階級1A、1Bと1Cに対しては0です。耐氷階級1Asuperに対して

$$C_1 = f_1 B L_{PAR} / (2T/B + 1) + (1 + 0.021 \phi_1)(f_2 B + f_3 L_{BOW} + f_4 B L_{BOW})$$

$$C_2 = (1 + 0.063 \phi_1)(g_1 + g_2 B) + g_3(1 + 1.2T/B)B^2 / \sqrt{L}$$

ここに、 f_1 、 f_2 、 f_3 、 f_4 、 g_1 、 g_2 と g_3 の値を表-4に示します。なお、バルブ付き船首の場合の ϕ_1 は 90° とします。

$$C_3 = 845 \text{ kg}/(\text{m}^2 \text{s}^2)$$

$$C_4 = 42 \text{ kg}/(\text{m}^2 \text{s}^2)$$

$$C_5 = 825 \text{ kg}/\text{s}^2$$

$$\psi = \arctan(\tan \phi_2 / \sin \alpha)$$

また、 $(LT/B^2)^3$ の値は5以上20以下でなければなりません。

下記に記号について示します(図-4参照)。

L 垂線間長さ (m)

L_{BOW} 船首長さ (m)

L_{PAR} 船体中央長さ (m)

B 最大幅 (m)

T Ice Classの喫水 (m)

A_{wf} 船首部水線面の面積 (m^2)

α 幅B/4での水線の角度 (°)

ϕ_1 船体中央のステムの傾斜角度(°)

ϕ_2 幅B/4でのバトックラインの傾斜角度 (°)

D_p プロペラ直径 (m)

H_M 氷海航路チャンネル中央での砕氷片の厚さ (m)

H_F 船首で押しのけられた砕氷片の層の厚さ (m)

なお、 K_e と R_{CH} の値の代わりに、より正確な計算による値または模型試験に基づく値は、実船での性能が発揮されなかった場合は無効となるとされています。表-5に示す氷の厚さの砕氷された航路を最低5ノットの速力が要求されます。

以上の要求馬力の式は、表-6に示す範囲で有効です。パラメータ D_p/T を計算するとき、TはLWLで計測することになっています。

また、計算例として表-7に示します。Ice classによる差等がこの表から読み取ることができます。

既存船についても別に規定がありますが、これについて別の機会に譲りましょう。

今回はFinnish-Swedish Ice Class Rulesを紹介しましたが、この規則は他の規則の基本となっています。これらの資料は(独)海上技術安全研究所氷海技術グループより提供を受けました。ここにお礼を申し上げます。

The structural design and engine output required of ships for navigation in ice, "Finnish-Swedish ice class rules"

表-7

Sample ship No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ice class	1Asuper	1A	1B	1C	1Asuper	1Asuper	1A	1A	1B
α (°)	24	24	24	24	24	24	36	20	24
ϕ_1 (°)	90	90	90	90	30	90	30	30	90
ϕ_2 (°)	30	30	30	30	30	30	30	30	30
L (m)	150	150	150	150	150	150	150	150	150
B (m)	25	25	25	25	25	22	25	25	25
T (m)	9	9	9	9	9	9	9	9	9
L_{BOW}	45	45	45	45	45	45	45	45	45
L_{PAR}	70	70	70	70	70	70	70	70	70
A_{wf}	500	500	500	500	500	500	500	500	500
D_p	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Prop. No./type	1/CP	1/CP	1/CP	1/CP	1/CP	1/CP	1/CP	1/CP	1/FP
New ships (kW)	7840	4941	3478	2253	6799	6406	5343	5017	3872
Existing ships (kW)	9192	6614			8466	7645	6614	6614	

中部国際空港海上アクセス — 高速双胴

1. 新しい中部国際空港への海上アクセス

近年我が国の中でも一番元気な中部地方に、2005年2月17日新しい国際空港が開港します。今回ご紹介する高速双胴旅客船「フェニックス」・「カトレア」は同型船で、中部国際空港への海上アクセスとして、三重県はじめ紀伊半島の皆さんの期待を一心に担って、津市が建造されました。

津市では、中部国際空港開港にあわせて『レッ津！夢みなと』プランを推進され、本船の建造とともに、空港まで40分というアクセスの利便性を活かせる海上アクセスターミナルの整備、世界に向けた紀伊半島の玄関としての機能を備えた港づくり、町づくりを進められています。

当センターでは、中部国際空港アクセスの中核として運航される高速双胴旅客船「フェニックス」・「カトレア」の基本計画・建造管理を担当したので、概要を紹介します。

2. 基本コンセプト

本船の基本計画を実施するに当たり、津市の『レッ津！夢みなと』プラン推進のコンセプトを反映させるとともに、元気な県として近年とみに発展著しい三重県へのビジネス客、熊野古道（伊勢路）を含む世界遺産「紀伊山地の霊場と参拝路」への観光客が、快適に利用できる国際空港アクセス船であることを基本コンセプトにしました。

この基本コンセプトに基づき、

- お客様にとって乗り心地のいい船（振動・騒音・動揺の低減）
- 欠航の少ない船
- 定時運航の出来る余裕のある船
- お年寄り、障害者に優しい船（交通バリアフリー法）
- 優美なシルエット

などに配慮しながら、基本計画を進めました。

基本計画では、双胴船タイプとともに、船体抵抗及び動揺軽減装置を採用することにしました。

3. 主要目など

基本計画に基づいて入札が実施され、建造造船所として(株)三保造船所に決定しました。

建造・詳細設計を進める過程で、津市、(株)三保造船所および当センターが緊張感ある打ち合わせを行い、基本計画を忠実に反映する検討を行いました。

その結果、船体抵抗及び動揺軽減装置として支柱付可動翼式水中翼を装備することとしました。

建造仕様書による主要目を、次に示します。

表-1 海上試運転結果

船名	施行月日	排水量	試運転最大速力
フェニックス	平成16年7月8日	83.3t	33.7kt
カトレア	平成16年12月14日	82.6t	33.8kt



旅客船「フェニックス」・「カトレア」 —

4. 海上試運転を終えて

海上試運転は、西宮防波堤マイルポストで施行し、次の結果を得ました。

航海速力（90％MCO、70％DW）の計測でも、建造仕様書を遙かに超える32kt以上を記録しました。

両船の海上試運転に際して特に注目した点は、船体抵抗及び動揺軽減装置とし

て採用した水中翼です。水中翼は、双胴の間の前部と後部に可動翼式のを2翼設け、各速力において最適の航走トリムを維持します。さらに、旋回時においても傾斜角の軽減が図られ、快適な乗り心地を提供しています。

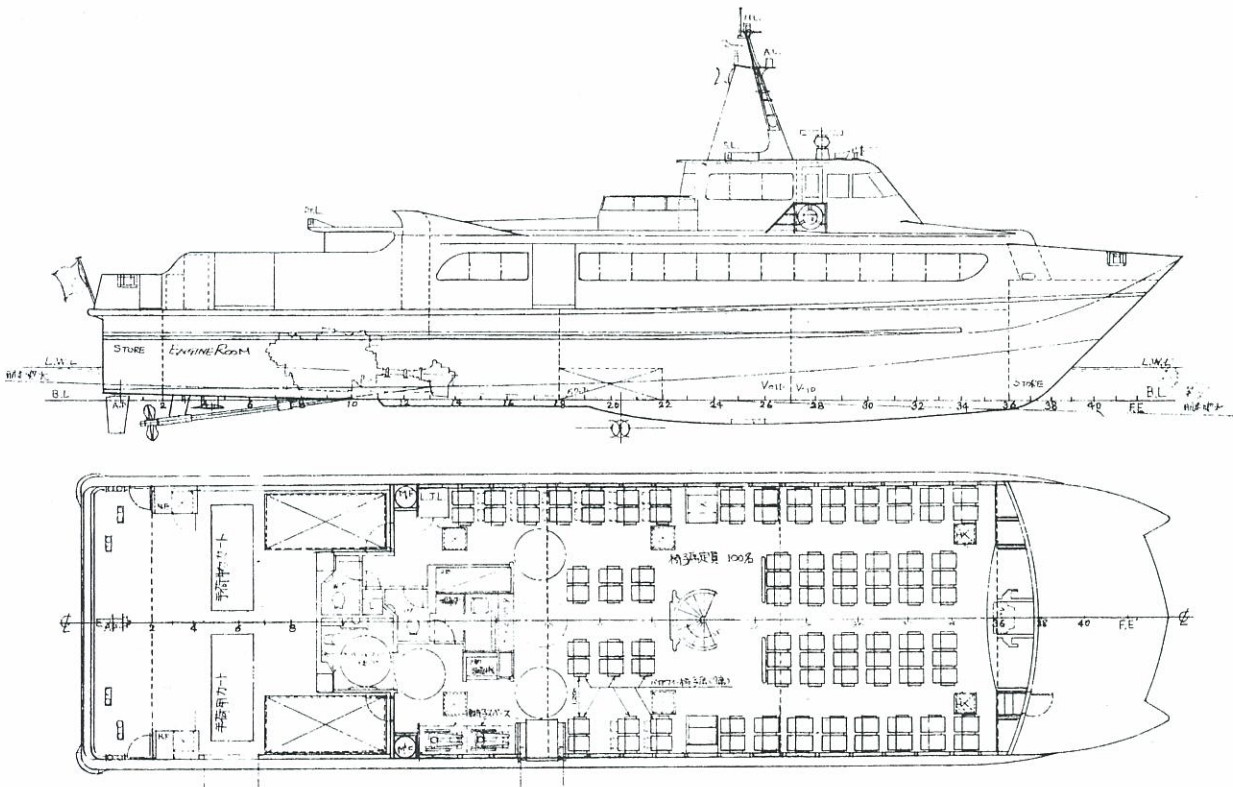
また、両船は、双胴の船形形状を工夫することによって、引き波を少なくすることが出来ました。

5. おわりに

両船の建造に当たって、『レッツ！夢みなと』プラン推進の情熱を注ぎ込まれた津市の皆様そして多数の高速双胴旅客船建造のノウハウを遺憾なく注ぎ込まれた三保造船の皆様が誠意をもってご尽力いただいたことを付記します。

表-2 主要目など

主要目		主要設備・装備	
航路	津松坂港（鶴崎地区）～ 常滑港（空港地区）	特別室	定員10名
航行時間	1.5時間未満	旅客乗降用ランプドア	油圧駆動
航行区域	平水区域	電動カート用乗り込み橋	油圧駆動
長さ（全長）	31.45m	監視カメラ装置	船体航行姿勢監視機能付き
長さ（登録）	29.69m	バリアフリー設備	
幅（型）	8.60m	車椅子スペース（2台分）	
深さ（型）	2.69m	バリアフリー椅子（9人分）	
計画満載喫水（型）	1.03m	バリアフリートイレ	
総トン数	125トン	バリアフリー通路（120mm以上）	
船質	軽合金	出入りロスロープ装置	
航海速力（90％MCO、70％DW）	30.0ノット以上	手摺り（点字表示付）、誘導ブロック	
航続距離	300海里以上	点字案内板、触知案内板	
旅客定員	110名	音声案内装置	
主機関	V型1,320kW×2基		





船型設計システムについて — 線図創生 —

1. はじめに

日本造船技術センターでは永年に渉り蓄積された膨大な船型試験データを背景に、独自の船型設計システムを開発してきました。本稿ではシステムの主要な柱である数学的手法による線図の創生について紹介します。

2. 船型設計システムの概要

日本造船技術センターに蓄積された水槽試験データの大部分は委託されたお客様の知的財産ですから、データを直接利用する事は出来ません。従って、個々の水槽試験データが構成する母集団の統計的特性を抽出、利用することが前提となります。本システムでは流体力学的な意味付けをされたパラメータ（船型パラメータ）で船型モデルを構成することにより、直接船型データにアクセスしない方法が採用されております。

システムの構成は以下の通りです。

- (1) 実績データや水槽試験結果より船型パラメータと主要性能要素を抽出する（データベースの再構築）。
- (2) (1)を基にニューラルネットワーク等を用いて船型パラメータと主要性能要素とを関連付ける（ニューラルネットワークの構築）。
- (3) (2)を目的関数として、与えられた条件を基に運航経済性の高い船型パラメータの最適組合せを求める（遺伝的アルゴリズムを適用した最適化手法の開発）。
- (4) (3)で求められた船型パラメータの最適組合せに対応する船体形状を数学的手法により再構成する（概略線図創生と幾何学的整合性判定）。

具体的には載貨重量や速力など設計条件、幾何学的整合の為の拘束条件などに対応する初期値（船型パラメータ）を上述(3)の最適化ツールへ入力し、遺伝的アルゴリズムを用いて馬力（またはアドミラルティ係数、運行経済性指標など）を目的関数とし最適化を行い、船型パラ

メータの最適な組み合わせを求めます。

最適化の結果は操縦性能や船尾振動などいくつかのチェックを経て、概略線図創生ツールに送られ概略線図が生成されます。設計者はこの段階で自身の目で船型を確認し、得られた結果が採用し得るものかどうかを判断し、又、CFDなど他のツールを用いた検討や配置、復原性能などの計算を行うことが出来ます。

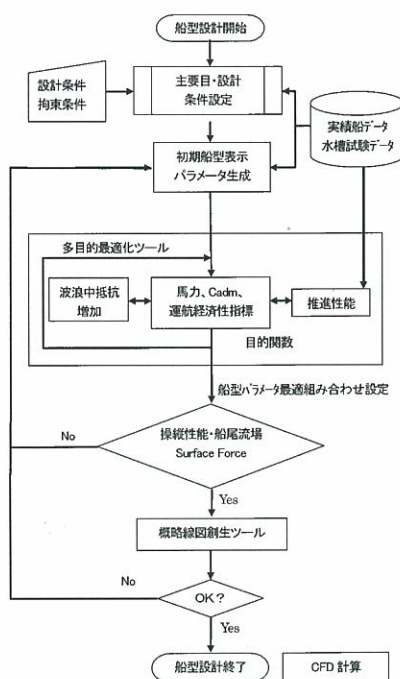


図-1 船型設計システムの概要

3. 線図の創生について

通常の線図作成ではL/B, B/d, Cb, Cp, Cw等が近い船型をデータベースから選定・抽出し、新しい船型の条件に合わせて修正した横切面積曲線、水線曲線、船首尾形状に合わせるよう線図を修正する方法が採用されます。

本システムでは具体的な母船型の利用は出来ませんので、設計者のイメージに頼る、所謂、デッサンが必要となります。

しかしながら、設計者の頭の中のイメージをある程度の精度と品質を保ちつつ、具現化するには高い技能レベルが必要であり、個人的能力が結果の良否を左

右する事になります。

デッサン以外の線図創生法としては、流体力学的理論から導き出された線図創生法、経験に基づいた線図創生法の研究がなされてきましたが、理論的手法の多くは結局、実用的手法とはなり得ず、また、従来法の多くは肋骨線形状などの断面曲線群から3次元自由曲面形状を生成することを前提としており、この3次元形状のフェアネスが保証されないために、未だ確立された手法は開発されておられません。

近年では、計算機の発達と共に、設計の初期段階から3次元自由曲面を扱う方法が出現し、現在のCAD等では断面形状にこだわらずデザインする方法も採用されており、3次元的なフェアネスを確認しながら形状を作っていくことができます。

しかしながら現在CADで多く使われているNURBSを含むパラメトリック曲面は微妙な修正を施すために多数の制御点を必要とし、或いは高次曲面式を必要とします。また、曲面パッチ間の連続性を実現するために複雑な処理を行う必要があり、その為、設計の各ステージ間で中間ファイルを経由する際の再調整に多くの工数を要します。

このように断面曲線群からデザインする方法と3次元サーフェースモデリングには一長一短があるのが現状です。

よって3次元サーフェースモデリング手法の欠点を踏まえつつ、これまでの造船設計における豊富な経験が生かされる手法の開発が望まれますが、本システムではその準備段階として、船型パラメータの最適組合せを基に、幾何学的に整合のとれた3次元形状を創生する実用的手法を開発しましたので、以下に紹介します。

4. 概略線図の創生方法

本システムでは肋骨線形状を半幅、喫水で無次元化した2次元面内のパラメト

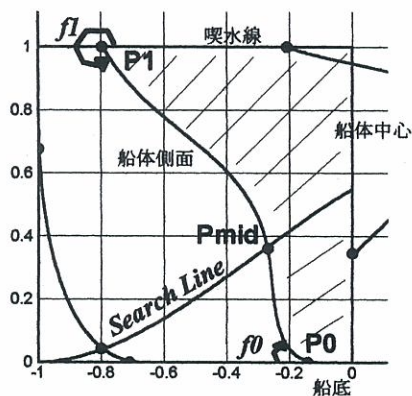


図-2 肋骨線形状表現法

リック3次スプライン曲線で表現します。

図-2に示される船底及び喫水線上の端点P0 ($=\{y_0, z_0\}$)、P1 ($=\{y_1, z_1\}$)を与え、予め定義されたSearch Line上のコントロールポイントPmidを動かし、数値的に斜線部の面積が $C_p \times C_m$ に等しくなるように決定します。なお、Search Lineの形は限界流線に似た形状になっていますがこれも、パラメトリック3次スプライン曲線で表示しております。

次に、通常、パラメータ $t \in [0, 1]$ を使ったパラメトリック3次スプライン曲線 $S_i(t) = \{x_i(t), y_i(t)\}, i=1 \dots N$ では、端点の条件として $\dot{x}(t) = dx/dt$ 、 $\dot{y}(t) = dy/dt$ 、 $t=0, 1$ を与えますが、本システムでは図-2のように、船底及び喫水線上の端点での傾きを f_0, f_1 と置き、 $\dot{x}(0) = \alpha_0 \cdot \cos(f_0)$ 、 $\dot{y}(0) = \alpha_0 \cdot \sin(f_0)$ 、 $\dot{x}(1) = \alpha_1 \cdot \cos(f_1)$ 、 $\dot{y}(1) = \alpha_1 \cdot \sin(f_1)$ と置きました。ここで α_0 、 α_1 は点P0、P1における曲率半径に関連する数値であり、この数値を導入することにより精度良く船型を表現することができるようになりました。

以上をまとめると必要な条件は C_p, C_w カーブ、サイドフラットエンドライン(z_1)、ボトムフラットエンドライン(y_0)、プロファイルライン(z_0)と端点での傾斜 f_0, f_1 、及び上述の α_0, α_1 であり、また、これらのカーブは5次多項式パラメトリック3次スプライン、

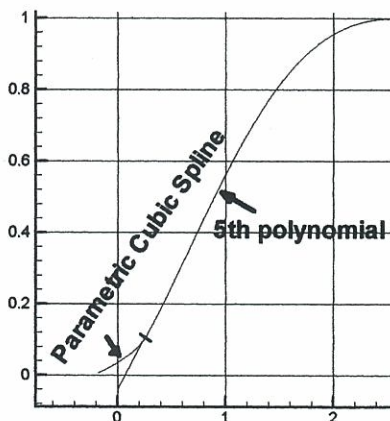


図-3 C_p カーブの数式表示

或いはそれらの混合で表現しております(例として図-3)。

なお、構成する各パラメータは全て長さ方向に連続なので、3次元形状でも実用的意味で連続性が確保できております。

実際に精度良く肋骨線形状が生成できるかどうかを確かめるため、公表データの肋骨線にフィッティングさせた例を表紙に載せています。時間をかけて更に精度を向上させることはできますが、ここではデッサンレベルのものを示しています。

次に、係数の変化に対応する形状の変化を見てみましょう。図-4の破線はSearch Lineはそのまま C_p を少なくした例(母線は実線)です。中心付近でへこんでいるのが分かります。また、図-5の破線は C_p を同じにして α_1 を少なくした例です。喫水線上で曲率が増えている様子が分かります。また、図-6の破線は α_0 を少なくした例で、船底での曲率が増えている様子が分かります。このように比較的自由度の高い変形も行うことができます。以上のように、デッサンにおいて行われる線図創生を精度良く行なわれることが分かりました。また、一方では性能と相関の少ないパラメータを変化させることにより、各々の味付けもある程度行うことのできる自由度を持ち合わせており、設計上の制約を満たす

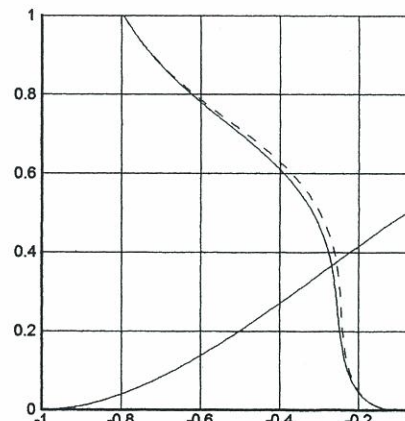


図-4 C_p を少なくした例

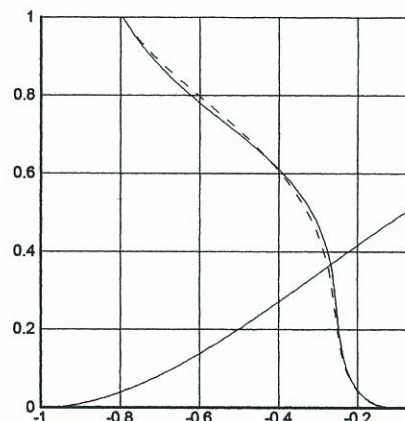


図-5 α_1 を少なくした例

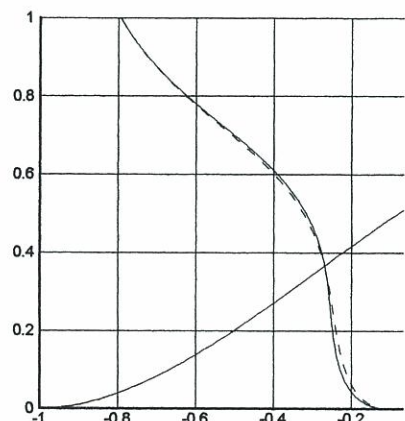


図-6 α_0 を少なくした例

ための形状変更などにもある程度対応可能であることも示しました。

現在、様々なタイプの船型数十例について高精度な再構成が可能であることを確認しており、新船型開発研究の場で活用されています。

血液型に見る日本人の系譜 「我々は何者で何処から来たのか」(第2報)

前号ではユーラシア大陸東西両端の日本列島とヨーロッパの血液型特性を紹介しました。本稿ではユーラシア大陸から遠い南北アメリカ、豪州、太平洋の島嶼の先住民やアフリカ大陸の血液型特性を紹介します。

新大陸等原住民の血液型特性

南北アメリカその北極圏とグリーンランド、豪州、南太平洋の島嶼及びアフリカの南部砂漠の先住民の血液型特性を図-3に示します。[B/O] が極端に小さく、[A/O] 軸上、又は、その近傍に分布します。中でも南北アメリカや豪州の先住民はO型が卓越し、[A/O] の小さな範囲に集中します。北米のアラスカや太平洋ミクロネシアでは [B/O] が高い傾向が見られます。ユーラシア大陸からの遠近と [B/O] との関連は人類の原血液型はO型でA型やB型は新しい特性ということでしょうか。いずれのケースも日本列島の特性から遠い特性です。

インド洋から太平洋にかけての血液型特性

インドネシアを基点に東方、南方の地域（豪州、メラネシア、ポリネシア）は典型的なO型卓越地域ですが、東北方向の台湾やミクロネシアに日本列島の離島や山岳地域の特性に重なる例が現れます。中心地域インドネシアの特性は平均して [B/O] が高く西はマダガスカル、北は華南、華北、更に北東アジアの特性に重なる例もあります。ユーラシア大陸からの遠近と [B/O] との関連は南北アメリカや太平洋島嶼と同じです。図-4参照。

アフリカ大陸の血液型特性

アフリカ大陸はサハラ砂漠以南の熱帯雨林やサバンナが広がる地域、サハラ砂漠以北の地中海沿岸地域、ナイル川上流からサハラ砂漠南縁地域に大別される様です。サハラ砂漠以南地域は、[A/O] は0.3~0.6と狭く、一方、[B/O] は0.1~0.7と広いのが特徴です。いずれ

にせよ日本列島と大きく異なる特性です。地中海に面する地域やその隣接地域はヨーロッパの周辺・隣接地域で、小アジアコーカサスから中東の特性に重なります。ナイル川上流地域には中央アジアから日本列島東北地域特性に重なる例があり、古代エジプト人の後裔、コプト人

の特性が朝鮮半島南部から西日本地域の特性に重なっています（図-5）。東アフリカのナイル川流域の特性がユーラシア大陸各地域の特性と重なる例が多いことは現代型人類の東アフリカでの誕生と氷河期世界への拡散という近年の学説に対応するのかもしれませんが。

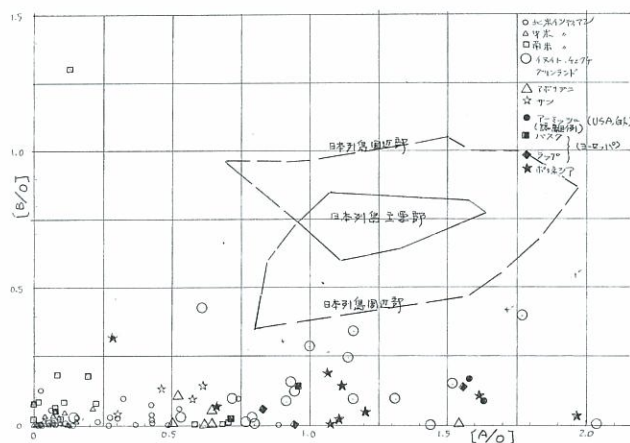


図-3 南北アメリカ、オーストラリア等先住民の血液型特性

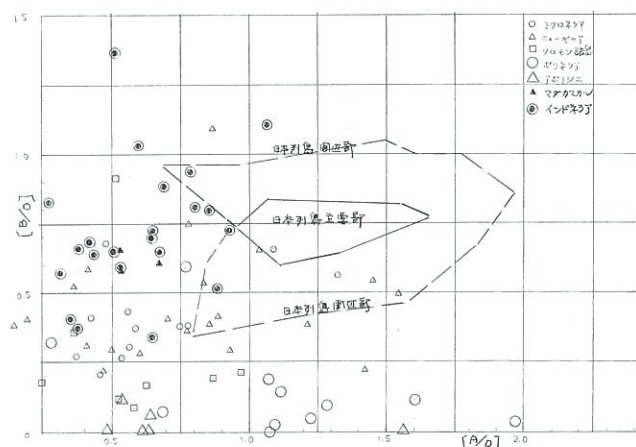


図-4 インドネシアを中心とする太平洋、インド洋地域の血液型特性

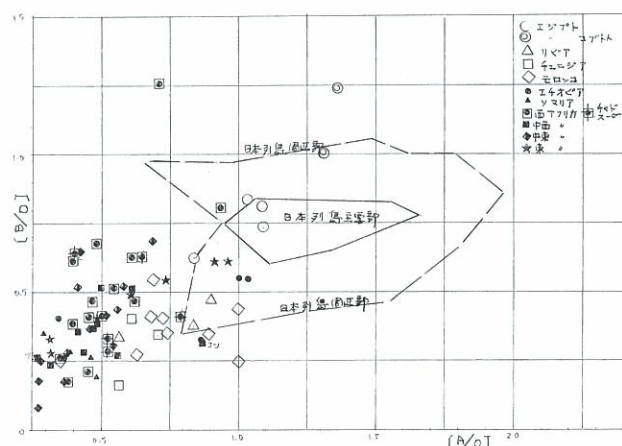


図-5 アフリカ大陸の血液型特性

雑感 マクロの世界とミクロの世界 (続き 粒子と波動 — 孤立波の性質)

前号では、極微の波動は位相速度が波数により決まる波(分散波)の集まり(波束)で、その塊としての速度(群速度)は位相速度の2倍となること、マクロの波動では表面張力波(さざ波)が群速度と位相速度の比が似ていることを紹介しました。

分散波の塊である波束の形は時間と共に変化します。波束が $x=0$ の付近に集まる極微の1次元波動の例を紹介します。

波束を $f(x) = \left(\frac{a}{\pi}\right)^{1/4} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(x - \frac{\hbar k_0}{m}\right)^2\right)$ と表わすと波動関数 ψ の絶対値は以下の式で表わされます。

$$|\psi(x,t)|^2 = \sqrt{\frac{a}{\pi}} \exp\left\{-\frac{a}{2} \left(x - \frac{\hbar k_0}{m}\right)^2\right\}$$

$$\xi = \frac{\hbar k_0}{m}, \quad \omega_0 = \frac{\hbar^2 k_0^2}{2m}$$

絶対値(振幅)が最大となるピーク位置は時間と共に移動することが分かります。

$$x = \frac{\hbar k_0}{m} t$$

絶対値が最大値の1/eとなる2つのxの間隔を波の幅とします。すると幅も時間と共に広がる事が分ります。

$$2\sqrt{\frac{1+\xi^2 t^2}{a}} = 2\sqrt{\frac{1}{a} + \frac{\hbar^2 k_0^2}{m^2} t^2}$$

なお、係数aが大きいと初期値は鋭いピークですが、急速に幅が広がり崩れ、逆にaが小さいと初期のピーク幅は広く、時間とともに緩やかに広がる事が分ります。図-1参照。

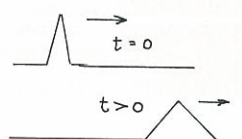


図-1 波束の変化

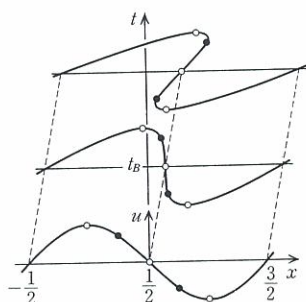


図-2 非線形波の変位

其の他にも条件により、波束が全く崩れずに単振動を繰り返す場合もあります。極微の波が粒子、あるいは波として振舞う理由は波束の形が条件により変化するためと理解されます。

良く似たマクロの現象として、浅水波の例を紹介します。1次元水面波動に関して、連続の条件、水底の条件、運動学的及び力学的条件を水深が浅いとして簡易化して、波高の1次近似方程式を求めます。ここで、 $C_0 = \sqrt{gh}$ は線形波の位相速度、 h は水深です。

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial C_0}{\partial \eta} \eta \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{C_0^2}{6} \frac{\partial^3 \eta}{\partial x^3} = 0$$

更に、KdV方程式として知られる一般的な方程式に直し、その性質を調べます。

$$\frac{\partial u}{\partial t} + (1+u) \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial^3 u}{\partial x^3} = 0$$

3時微分の項を除いた場合

$$\frac{\partial u}{\partial t} + (1+u) \frac{\partial u}{\partial x} = 0$$

非線形項の残る方程式の一般解と特性曲線

以下の通りです。

$$u(x,t) = f(x - (1+u(x,t))t)$$

$$x - (1+u(x,t))t = x'$$

$$dx'/dx = 1 + f(x')$$

即ち、振幅が速度に比例しており、大きな波が小さな波を追いつけるために、波傾斜を増して、 $tb = -1/(df/dx)$ において無限大になります。図-2参照。

非線形項を除いた場合

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial^3 u}{\partial x^3} = 0$$

この方程式の一般解は以下の通りです。

$$u \sim \exp[i(kx - \omega t)]$$

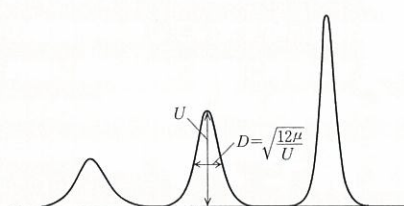


図-3

波数と周波数の間には $\omega = k(1-k^2)$ という関係があります。位相速度 v_p 、群速度 v_g は夫々以下の通りですから、波束の形は時間と共に広がっていきます。

$$v_p = 1 - k^2 \quad v_g = d\omega/dk = 1 - 3k^2$$

$$v_g = v_p - 2k^2 \quad v_p > v_g$$

元の方程式の解は非線形性と分散性の両方の性質を含んでおり、非線形効果により発生した大きな波が分散効果により後方へ運ばれますが、双方の効果がバランスすると安定な波形が得られます。波は一定速度Vで伝わるとして、元の式を書き換えます。十分遠方では、 $u=0$ としてパルス状の解が得られます。図-3参照。

$$(1-\nabla)u' + uu' + u'' = 0$$

$$u'^2 = (\nabla-1)u^2 - \frac{1}{3}u^3$$

$$u = A \operatorname{sech}^2\left[\sqrt{\frac{A}{12}}(x - Vt - x_0)\right]$$

$$V = 1 + A/3$$

KdV方程式は初期条件により色々な解が得られますが、一般的に以上の孤立波に収斂すること、この波が非常に安定であることが知られています。有名な波列の干渉に関する計算例を図-4に示します。これは2つの孤立波が接近し、衝突し、離れて行く様子を示しますが、衝突前後の双方の波の性質に変化がありません。固体粒子のような安定な性質から、波でありながら粒子を思わせるソリトンと名付けられました。

極微の波は、粒子と波動の性質を併せ持ちますが、マクロな水波でも固体の様に安定な性質を持つ場合のあることが分かります。(次号に続く)

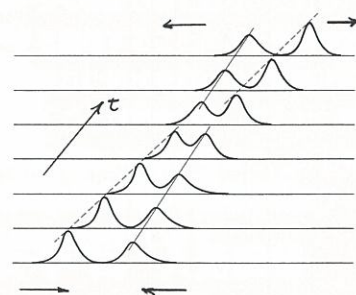


図-4 ソリトンの衝突

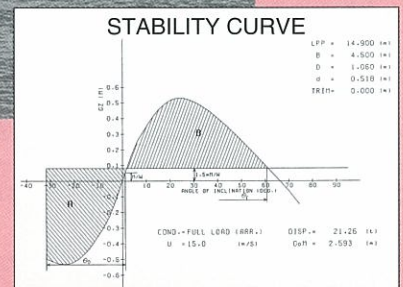
新造船と復原性

船名 第一ゆたか丸

用途 一本釣り、(いか) 漁業
 船主 本間 稔
 建造所 (有) 瀬賀造船
 竣工 平成16年9月
 総トン数 18トン
 航行区域 限定沿海
 主寸法(m) 長さ × 幅 × 深さ
 14.90 × 4.50 × 1.40
 主機関 連続最大出力 950PS
 基数 1基
 最大速力 25ノット
 最大旅客定員 38名
 就航地域 佐渡周辺海域



新潟県寺泊港を母港とし、本土と佐渡の間の領海を中心に主漁場とする小型遊漁兼用船。最大復原てこは63cm程度あり、安定した性能を示している。



1. 委員会

平成16年度石油貯蔵船の長期保全支援システムに関する調査研究委員会(第2回)
 平成16年11月17日(木)
 13:30~17:00
 (独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構会議室

第89回HRC委員会
 平成17年1月14日(金)
 11:00~14:00
 日本造船技術センター 本部会議室

第11回HDS委員会
 平成17年1月14日(金)
 14:00~17:00
 日本造船技術センター 本部会議室



新年あけましておめでとうございます。
 今年も良い年であることを願っております。
 さて、昨年10月下旬の新潟地震の

後、さらに年末にはスマトラ島沖大地震とそれに伴った大津波が発生し、約15万人の方々が亡くなりました。港などに係留されていたと思われる漁船が家の2階の高さまで流されているニュース報道がありました。航行中の船舶について

はニュースで取り上げられていないことから、被害が殆ど無かったと安堵しました。水深の深い所に設置できるメガフロートを津波対策として活用できればと考えますが、いかがでしょうか。(M.Y.)

申し込みの受付

試験等の申し込み、問い合わせは右表の担当までご連絡をお願いいたします。

〒112-0004 東京都文京区後楽2丁目1番2号
 興和飯田橋ビル7階
 〒181-0004 東京都三鷹市新川6丁目38番1号
 (独)海上技術安全研究所2号館内



Shipbuilding Research Centre of Japan
 財団法人 日本造船技術センター

<http://www.srcj.or.jp>

本部(飯田橋)
 役員・代表 03-3868-7122
 総務部 03-3868-7124
 ファックス 03-3868-7135
 海洋技術部 03-3868-7125
 海外協力室(OSCC) 03-3868-7127
 浮体(メガフロート) 技術部 03-3868-7126

試験センター(三鷹)
 センター長・総務室 0422-24-3861
 ファックス 0422-24-3869
 技術顧問 0422-24-3863
 技術部 0422-24-3862
 試験部 0422-24-3867